本格的オーディオ・システム構築へ向けて

(19) 重要だが，むずかしい上下振動対策　石塚 峻

振動対策を上下動と水平動に分ける理由

振動はXYZの3軸に分けることができます．ちなみに，それぞれの軸を中心とした回転振動は振動の概念には含まれていません．含まれている前提でもかまわないのですが，それでは地球そのものがなくなってしまうはずで，それゆえに，回転成分は考えなくてもよいのです．

しかし，機械ではそうはいきません．回転振動が発生することはそれこそ年中あります．固く締めたはずのボルト・ナットが緩むのか何よりの証拠です．

防振台は自動車の懸架装置と同じことで，外部振動の逆動作をさせれば完全なわけです．現実には，そう思うようにはいかず，自動車はロールしたり，後輪が滑り出したりします．ひどい場合は，道路でひっくり返ったり道から飛び出すこともありますが，これは事故のカテゴリーでしょう．防振台もこれまたしかりで，計測器用の防振システムでさえ期待していない応答を示し，しばしば役に立たなかったことがあります．

垂直軸＝Z軸は重力によって定義づけられています．重力の作用に対して，XY軸による水平動とZ軸による上下動を分けることができているのです．ということは，XY軸は統合できても，Z軸を含むXZ軸またはYZ軸の統合はできないとことになります．

となると，2006年にとりあえず作った3軸防振台のように，V型の溝にスチール・ボールを入れて転がり軸受けを直交させた高感度クロステーブルをそれぞれX軸，Y軸とし，これとは独立させたZ軸に沿った上下動（近似ですが）テーブルを追加する構造が，まず頭に浮かびます．

このときの試作では，それ以前に作っておいたクロステーブル型水平2軸防振台の上に近似上下動機構を追加しています．これは，編集部にあったCDプレーヤの足の位置に荷重がかかるように，スチール・ボールと焼き入れリボンによる受け部を設定したものです．

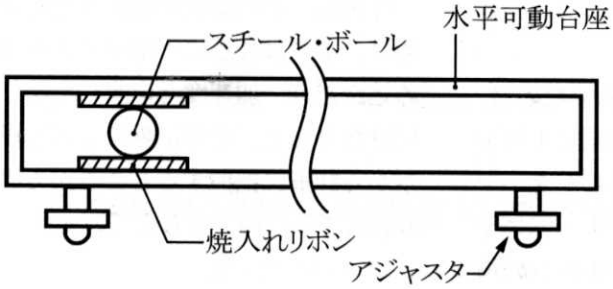
載せる対象によって，加重点と荷重がかかる位置が違いますから，汎用性はありません．あくまで特定のCDプレーヤでしか防振できません．それでなくても，V字型の溝と平底の溝にそれぞれスチール・ボールを入れうえで，重ねたい板材が水平にならなければまずいので，溝を削るトリマーの刃先の調整はたいへんでした．私はノギスのディプス・バーで当たりながら，溝を掘ってはスチール・ボールを入れて高さ確認を繰り返したのです．これは私の目が悪いからではなく，至って目のよい人でも，目見当だけでは無理というものです．

なにしろ造りがたいへん面倒ですので，クロステーブル構造は採用したくありません．1台1台寸法合わせが必要とされるとあっては，量産には向きません．

力業でやっつける方法があります．先の大戦中にアメリカが使っていた方法で，軍用カメラとして使っていた独ライカ社のバルナック・タイプを国産化する必要が生じました．戦争の相手国から資材を買うわけには行かなくなったからです．

この期に及んで，ライカをバラしたところ，各パーツの精度の悪さに呆れ果てました．ライカは部品を組み付ける際に調整しながら行っていたのです．ふつうに組み立てると，光軸もピントも合わないことがわかっていた，というのです．

そこでアメリカ側が行ったことは



〈第1図〉
新しく考えた2軸防振台はアジャスタでかならず水平をとる必要がある

きな抵抗力を示しますが，曲げ応力にはたやすく変形するのです．

こう考えてゆくと，上下動のメカニズムにかかる荷重は，とにかく注意深く1個所に集中させないようにしなければなりません．なによりも，以前の3軸防振台は，他のプレーヤを載せたところまったく防振の役に立たなかったのです．9mm厚のシナ合板を対向させたのですが，台と機材の設置位置がずれたため，対向する板同士があちこちで接触して手が付けられなかったと，会社に報告がありました．

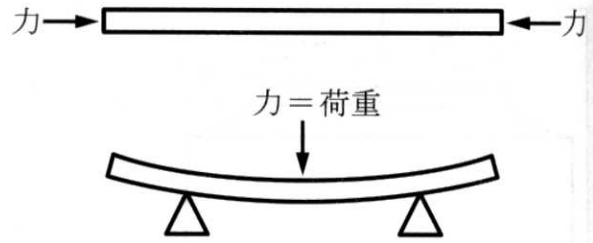
このときは，上下振動がどれだけ再生音を悪化させているかをまだ知らなかったため，ユニバーサル・モデルにしようとはまったく考えていませんでした．正直いって，上下振動があれほど音を劣化させているとは思いも寄らなかったのです．振動の加速度でいえば，水平動とは桁違いに小さいものだと，なまじ知っていたので，よけいにそう思っていたのです．

確かに，縦波は最初に届き，微弱かもしれませんが，初期の振動でもあります．加速度こそ小さくても，それだけに音への影響は少しも小さくないのです．

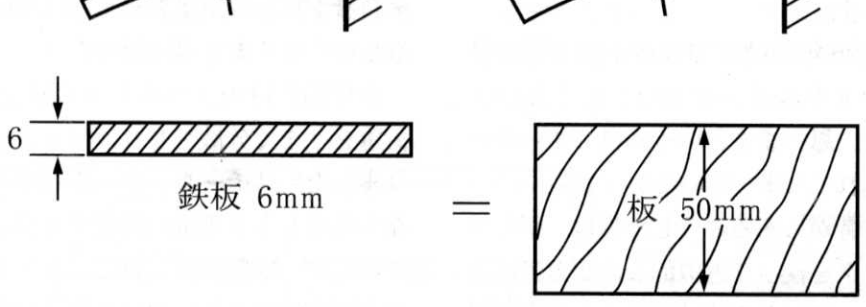
今回は，ヤング率こそ大きいが重い磨き帯鋼ではなく，小さなヤング率でも桁違いに軽い合板，ランバーコアとMDF材を使う，と決めていました．荷重としてのCDプレーヤ類が例外的に重かったとしても50kgを越えることはないからです．MX-1で対応を迫られたゴールドムント社のCDプレーヤとDAコンバータは，重ねると，ちょうど100kgだったのです．

もし100kgの荷重を保証せよというのが至上命令ならば，木製の場合恐ろしく厚い板を使う必要が生じます．おそらくグロテスクなほどにグラマーな格好になると思います．それでも，鉄骨を使うよりは軽量ですむと思います．

曲げ応力だけを考えると，比重が半分の素材は同じ目方で設計すれば，2倍の厚さが許容されます．厚味を2倍にしてもヤング率はそのままですから，$2^3=8$倍の曲げ強度を得ます（**第5図**）．すると，ヤング率が1/8であっても釣り合いがとれることになります．ただし，木は硬度が金属より段違いに小さいので，小さい面積で金属と接触させることは避けるべきでしょう．木製の器具の場合，曲げ方向の厚味を大きくとれば，格段の強度が得られます．



〈第4図〉
骨材は圧縮には強いが，剪断方向の曲げ荷重には弱い



〈第5図〉厚みを倍にすると同じ変形に要する応力は8倍になる．6㎜の鉄材と同じ目方でよければ50㎜厚の板材が使える

どんなバネを使うか ——磁石も空気もダメ

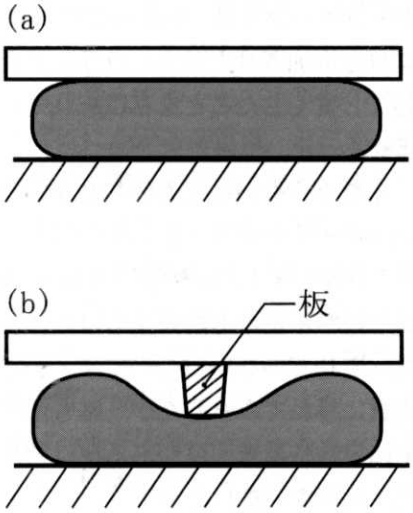
構造体を木材で構成するものとすると決めても，上下動のf0を決めるためのスティフネス（バネ性）が必要です．前々回で，磁石の反発を使ってもよいかも，とうっかりいってしまいましたが，これはもちろんダメです．磁気の吸引力も反発力も2乗減衰であり，あからさまに非線形だからです（**第6図**）．

また，**第7図 (a)** のように磁石の反発で完全に浮かすのも好ましくなく，かってあったTEICのマグネフロート・ターンテーブルのように垂直軸受けの荷重低減に使うことが正しいはずです（**第7図 (b)**）．

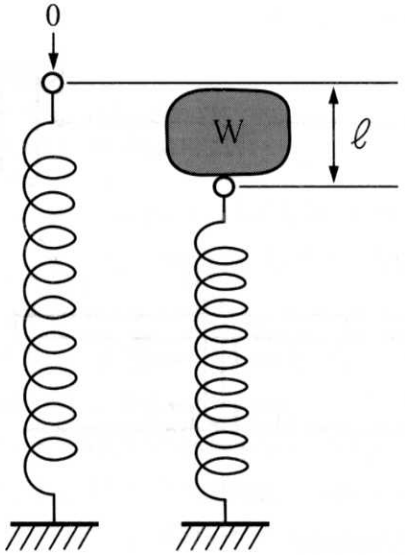
上下動機構として最初に考えたのは**第8図**のエアで浮かせることで，ただでさえ小さな上下動をカバーしたうえに，水平動もついでに賄おうと欲張ったのです．

以前に，エア・フロートのターンテーブルを作ったことがあり，小型の熱帯魚水槽用のエア・ポンプでいともたやすくターンテーブルを浮かすことができたので，甘く考えていました．

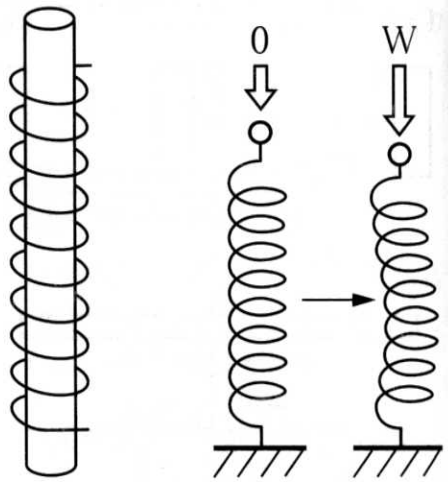
しかしながら，いざ試作してみると，**第9図**のように，ガラス板に僅かな荷重をかけただけでも，回転から水平動に転じ，その直後に浮上が破綻してしまいます．想像以上に強力な静圧と風量が必要だとわかった



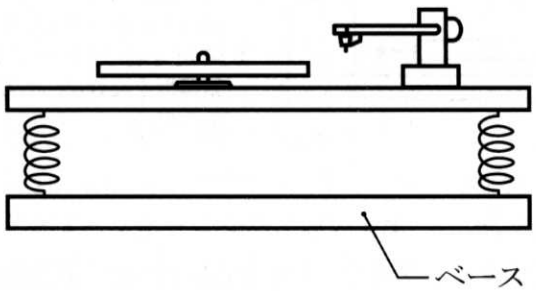
〈第10図〉
(a)ではコンプライアンスが小さいので(b)を考えたが，調整が困難



〈第11図〉ℓは30㎜以上必要



〈第13図〉
押しバネは荷重をかけるとかならずはじかれるので，内側にガイド棒が必要



〈第12図〉
むかしの安物プレーヤはほとんどがバネで浮いていたが，かえってハウリングが増えていた

ターン数と線径から計算すると，27mmまで縮めることができはずで，万力に挟んでみると，そのとおりでした．フックの法則に素直に従ってくれると期待するならば，最大荷重は5.3kg ± 0.1kgとなります．

縮み代をゼロで使うことはできませんので，最大荷重を4.5kgとしておきます．f0から逆算すると，**第11図**のように3cm以上縮めたいので，バネ1条当たり3kg以上の荷重となります．すると，3～4.5kgの荷重範囲とあるわけです．

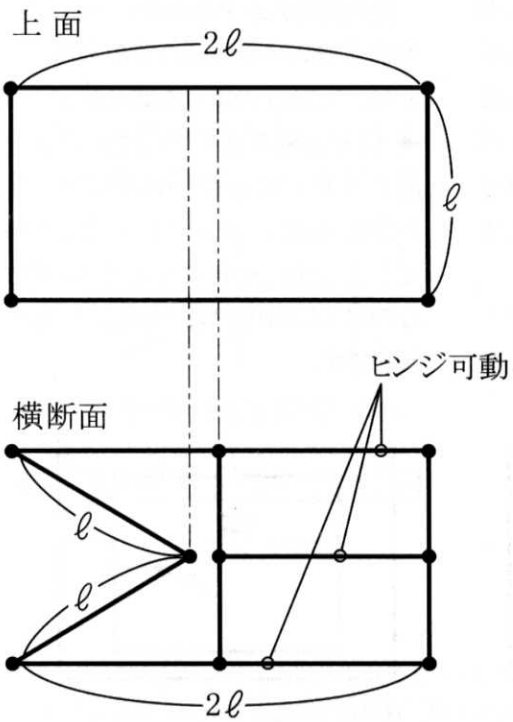
機材を載せるための天板の重量が数kgあるとすれば，編集部にあるデノンDCD-SXは26.5kありますから，天板との合計で30kg強，このバネだと約8条のバネが必要ということになります．

ただ押しバネというものは，**第13図**のように，コイルの内側に内径よりもわずかに小さいガイド棒が必要です．ガイドなしだと，垂直に押し縮めても**第13図**のように左右にはじかれて使いものになりません．外形よりも少し径の大きなパイプに入れてもよいのか，と試してみると，どちらかの壁に押しつけられるらしく，非常に大きな抵抗が生じます．

板に孔を開けて木製のガイド棒を植えたのですが，板の孔開けは金属ほど正確には行かないようです．板に複数の孔を開けるのは，数をこなすには不向きとわかりました．とりあえず，最初はこのままでヤスリなどで位置を修整しながらやっつける目算です．

上下動の直線化は**第14図**のサーラット機構の変形でよい，と考えています．この形で音の変化を聴いて判断することにします．

いままでどなたも作らなかったメカニズムを作り上げるのには，いろいろと面倒な作業をこなさなければなりません．しかも，その作業を乗り切ったとしても，音が改善される保証はどこにもありません．何としても試聴で生き残ってもらわなくてはならないのです．



〈第14図〉
オリジナルのサーラット機構